辣木的抗菌消炎作用及其在畜牧生产中的应用[1]

李晓琳　陈　婷　习欠云　张永亮

（广东省动物营养调控重点实验室，国家生猪种业工程技术中心，华南农业大学动物科学学院，广州 510642）

摘　要：辣木原产于印度北部喜马拉雅山南麓，是辣木属中利用及研究最多、商业价值最高的品种。大量研究表明，辣木根、树皮、叶、籽等多个部位含有生物活性物质，如黄酮、多糖、生物碱、酚类等。此外，辣木具有抗菌、消炎和促进肠道发育作用，在维持动物个体健康和预防疾病方面有潜在的利用价值。因此，本综述对辣木的营养价值、化学成分、药理特性以及其在抗菌、消炎和畜牧生产中的应用进行总结，旨在为开发辣木提取物作为天然功能性饲料添加剂提供理论基础。

关键词：辣木；抗菌；消炎；肠道发育；肠道健康

中图分类号：S816.79　　　　文献标识码:A　　　　文章编号:

辣木（*Moringa oleifera* Lam.），又称鼓槌树，是多年生热带落叶乔木，在全世界约有14个品种，现我国也有大量种植。据报道，辣木可应用于净化饮水、开发新型药物及日用化妆品原料等领域[1]。此外，在印度古老的医疗保健体系阿育吠陀记载中，辣木的叶子可被用来治疗各种各样的疾病。现代医学根据不同植物的传统用途和营养价值对其进行筛选，发现辣木是一种安全且富含药用价值的植物。由于辣木具有高钙、高蛋白质、高纤维和低脂质的优点[2]，且兼具降血糖、降血脂、抗氧化、抗肿瘤[3]等功效，因此，近年来，辣木作为一种新型保健植物（食品）而备受关注，同时，辣木的抗菌和消炎活性也引起了学术界的广泛研究。本文主要针对国内外关于辣木不同部位的抗菌、消炎及其在改善动物生产性能、屠宰性能、抗氧化和免疫调节方面的作用进行总结归纳，为丰富辣木的生物学功能提供支撑。

1　辣木的化学组成

收稿日期：2018-05-21

基金项目：国家自然科学基金（1272529，31072105，31472163）；广东省现代农业产业技术推广体系建设项目（2017LM1121）；“十三五”国家重点研发计划（2016YFD0500503）

作者简介：李晓琳（1995-），女，广东佛山人，硕士研究生，动物营养与饲料科学专业。E-mail：5435183850@qq.com

***通信作者：**张永亮，教授，博士生导师，E-mail： zhangyl@scau.edu.cn

植物产生初级和次生代谢物，包括生物碱、酚类化合物、单宁、植物甾醇和萜类化合物，它们在各生物过程中发挥着积极的作用。然而，在地球上的 75 万多种植物物种中，只有 1%到 10%被潜在地使用，辣木就属于其中一种[4]。近几年来，国内外的研究多集中在对辣木功能性成分的提取、分离、鉴定及相关生物活性分析，其中辣木黄酮、多酚、多糖、苷类及辣木蛋白是当下研究的热点[5]。如张冰溪等[6]对辣木总黄酮的提取条件进行优化后，其含量可达 3.139%；王远[7]认为辣木叶中的黄酮类化合物以槲皮素和山奈酚及其衍生物为主，大多为黄酮苷。除此之外，研究人员还从辣木中提取出类固醇、生物碱等活性物质，其中苯甲基异硫氰酸盐、苄基异硫氰酸盐和苯基异硫酸氰酯曾被报道有一定的抗菌消炎作用[8-9]。由此得出，辣木的功能性化学成分主要有黄酮、生物碱、多糖等。辣木各部位的化学成分见表 1。

表 1　辣木各部位的化学成分

Table 1　Chemical composition of each part of *Moringa oleifera*

项目 Items	活性物质 Active substance	参考文献 Reference
叶 Leave	多萜醇、植醇、邻苯二甲酸-双(2-乙基庚基)酯、邻苯二甲酸-双(2-乙基辛基)酯、杜叶醇、N-苯乙基乙酰酸、顺-3.4-二羟基-β-紫罗兰酮、4-(4'-O-acetyl-α-*L*-鼠李糖氧基)苯甲基异硫氰酸盐、甘油亚麻酸酯、β-谷甾醇、胡萝卜苷	[10]
	4-咖啡酰奎宁酸、甲基 4-咖啡酰奎尼酸、咖啡酰奎宁酸、甲基咖啡酰奎尼酸、尿苷、腺苷、槲皮素 3-O-β-*D*-吡喃葡萄糖苷、3-吡啶甲酰胺、3，4-二羟基苯甲酸、5-(羟甲基)-2-糠酸、5-(羟甲基)-2-糠醛	[11]
	辣木宁 A（niazinin A）、辣木宁 B（niazinin B）、辣木米辛（niazimicin）、辣木米辛 A（niazimicin A）、辣木米辛 B（niazimicin B）	[12]
茎 Stem	槲皮素 3-O-葡萄糖苷、槲皮素 3-O-(6′-丙二酰葡萄糖苷)、山奈酚 3-O-葡萄糖苷、山奈酚 3-O-(6′-丙二酰葡萄糖苷)、芦丁	[13]
果实 Fruit	4（2′-O-乙酰基-a-L-鼠李糖基）苯基异硫酸氰酯、4（3′-O-乙酰基-a-*L*-鼠李糖基）苯基异硫酸氰酯、S-甲基-N-4-（a-*L*-鼠李糖基）苯基硫代氨基甲酸酯、4-[(4′-O-乙酰基-a-*L*-rhamnosyloxy)苄基异硫氰酸盐	[8]
籽 Seed	没食子酸、*p*-香豆酸、阿魏酸、咖啡酸、原儿茶酸、肉桂酸、儿茶素、表儿茶素、香草酸、槲皮素、β-谷甾醇-3-O-β-*D*-吡喃葡糖苷、4(α-*L*-鼠李糖氧基)苯甲基异硫氰酸盐	[14]
根 Root	4-(α-*L*-吡喃鼠李糖基)安息香醛、香草酸甲酯、de-O-甲基毛狄泼老素、对羟基苯甲酸甲酯、对-羟基苯甲醛、阿魏酸甲酯、反式阿魏酸、对羟基苯酸、苯甲基β-*D*-吡喃阿拉伯糖基-(1→6)-β-*D*-吡喃葡萄糖苷、苯甲酸、N-苄基氨基甲酸乙酯、4-氨基苯甲酸、金色酰胺醇酯、苯乙腈	[15]
全株 Whole plant	槲皮素 3-O-芸香苷、槲皮素 3-O-葡糖苷、山奈酚 3-O-芸香苷、槲皮素 3-O-（6′-丙二酰葡糖苷）、山奈酚 3-O-葡糖苷、异鼠李素 3-O-葡糖苷、山奈酚 3-O-（6′-丙二酰葡糖苷）、异鼠李素 3-O-（6′-丙二酰葡糖苷）	[16]

2　辣木的营养价值

辣木除含有丰富的蛋白质、氨基酸外，维生素 A 和维生素 C 等含量也较高[17]，被称为是素食主义者的理想食物，同时也可作为饲养动物的优质蛋白质来源。研究显示，辣木叶中维生素 A 含量是胡萝卜的 10 倍，钙含量是牛奶的 17 倍，钾含量是香蕉的 15 倍，铁含量是菠菜的 25 倍，蛋白质含量是酸奶的 9 倍，维生素 C 含量也比橘子高[18]。徐敏等[19]曾报道，辣木叶富含蛋白质（鲜叶中约含 6%，干叶中约含 27%），其氨基酸组成以天冬氨酸和谷氨酸为主，并含有人体必需的苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸和蛋氨酸。Yameogo 等[20]对鲜辣木矿物质成分进行分析，鲜辣木的钙、镁、钾、铁、锌、磷含量分别为 8 471、1 513、5 496、175 和 111 5 mg/kg。郭刚军等[21]发现多油辣木各部位营养成分各有高低，辣木叶中蛋白质、维生素 E、维生素 C、烟酸、维生素 B_6、β-胡萝卜素、镁、钙和磷含量最高；茎中膳食纤维、铜、锌和锰含量最高；果中叶酸、钾和钠含量最高；而根中则是碳水化合物和铁含量最高。可见，辣木是一种富含蛋白质、维生素和矿物元素的高营养价值植物。

3　辣木的药理活性

关于辣木的药用活性报道较广泛，辣木各部位如叶、根、籽、皮、果实、鲜花和不成熟的豆荚可作为心脏循环系统兴奋剂，具有抗肿瘤、退热、抗癫痫、消炎、抗溃疡、解痉、利尿、降压、降脂、抗氧化、抗糖尿病、抗菌作用，常在本土的医学体系被用于治疗不同的疾病，特别是在南亚[22]。本文摘录一部分已报道关于辣木的药用价值，辣木各部位的药理作用见表2。

表 2　辣木各部位的药理作用

Table 2　Pharmacological action of each part of *Moringa oleifera*

活性作用 Active action	部位 Position	提取方式 Extract means	试验动物 Experimental animals	参考文献 Reference
降血脂 Hypolipemic	叶	水	大鼠	[23]
降血糖 Hypoglycemic	叶	乙醇	大鼠	[24]
抗氧化活性 Antioxidant activity	叶子、果实和籽	水		[25]
	花、叶和籽	乙醇、生理盐水		[26]
抗肿瘤、抗癌 Antitumor and	叶	水	癌细胞和非洲绿猴肾细胞系 COS-7	[27]

anticancer				
	叶、根、花和籽	水	黑素瘤细胞	[28]
通便 Defecation	叶	水	小鼠	[29]
解热 Antipyretic	树皮	70%乙醇	兔	[30]
镇痛 Analgesia	叶、根	甲醇	大鼠	[31]
免疫调节 Immunomodulatory	叶	甲醇、乙醇	小鼠和大鼠	[32]
	叶	50%乙醇	小鼠	[33]
抗疟疾 Against malaria	叶、花、根和籽	甲醇	按蚊	[34]
创面愈合 Wound healing	叶	甲醇、乙醇和水	成纤维细胞	[35]
消炎 Antiphlogistic	根	水	大鼠	[36]
	籽	乙醇和氯仿	大鼠	[37]
抗菌 Antiseptic	叶	水	大肠杆菌、产气肠杆菌	[38]
	叶、籽和果实	二氯甲烷、丙酮	金黄色葡萄球菌、表皮葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、絮状表皮癣菌、红色毛癣菌	[39]

4 辣木的抗菌作用

由辣木的药理活性总结可知其具有抗菌消炎、调节免疫力、抗病、降血糖、降血脂等功能。目前，关于辣木抗菌功效的报道主要集中在叶和籽 2 个部位。

Lalas 等[40]用辣木籽油提取液对金黄色葡萄球菌、表皮葡萄球菌、铜绿假单胞菌、大肠杆菌、阴沟肠杆菌、肺炎杆菌、白念珠菌、热带假丝酵母、光滑假丝酵母均有一定抑制效果。同样，Jabeen 等[41]发现辣木籽的粗提取物、上清液、残渣和透析样品能抑制多种细菌和真菌的生长，其中多杀巴斯德氏菌和枯草芽孢杆菌最为敏感，研究还显示该提取物的活性受到钠离子（Na^+）、钾离子（K^+）、镁离子（Mg^{2+}）和钙离子（Ca^{2+}）等阳离子的干扰，且其在温度 4~37 ℃和 pH 为 7 时活性最高。Bukar 等[42]发现浓度为 1 mg/mL 的辣木籽氯仿提取物能 100%抑制霉菌和根霉的生长，抗菌效果等同于 0.5 mg/mL 标准药物酮康唑。研究人员还对辣木籽中的抗菌活性物质进行了研究，Singh 等[14]分离提纯脱脂辣木籽粉中的酚类化合物，发现与游离的酚类提取物[最小抑菌浓度(MIC)0.117%~0.191%]相比，结合酚类提取物（MIC 0.06%~0.157%)更具有抗菌活性。Padla 等[39]试验证明辣木籽中的异硫氰酸苄酯在 MIC（1 mg/mL）时对革兰氏阳性菌和皮肤病真菌如絮状麦皮癣菌和红色毛癣菌均表现抑制作用。Jeon 等[9]从辣木籽分离出辣木米辛（niazimicin）和 4-(*L*-rhamnosyloxy)-苄基异硫氰酸酯

（RBI），发现 RBI 具有比辣木米更强的抗菌能力，且认为它们抗菌活性之间的差异可能与乙基相关。

在辣木叶方面，Bukar 等[42]发现辣木叶片乙醇提取物对大肠杆菌、绿脓杆菌、金黄色葡萄球菌和产气肠杆菌等具有广谱抑菌作用，对各微生物的 MIC 介于 2.0~4.0 mg/mL。Jayawardana 等[43]在鸡肉香肠中加入辣木叶，发现其对大肠杆菌及金黄色葡萄球菌有明显抑制效果，且对香肠感官性状没有任何不良影响。Pal 等[44]研究显示，辣木叶乙醇提取物能显著抑制革兰氏阳性芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、葡萄球菌、芦荟杆菌、革兰氏阴性杆菌和酸性快速分枝杆菌的生长。同时，Marrufo 等[45]发现中、高剂量（5、10 μg）的辣木叶挥发油对蜡样芽孢杆菌、绿脓杆菌等细菌以及黄灰青霉菌、扩展青霉菌、橘青霉、指状青霉菌、黑曲霉等真菌均具有一定抑制作用。

除此之外，辣木其他部位的抗菌作用也有少量报道，Arora 等[46]研究表明，辣木荚壳中的黄酮类和二萜类化合物可对抗多种重要的致病菌，包括耐甲氧西林金黄色葡萄球菌（MRSA）。

研究表明，辣木中的活性成分含量可能受品种、地域、季节等因素影响。Ndhlala 等[47]研究表明，13 个辣木品种的植物化学水平和抗菌活性存在差异，然而其生物活性与总酚类物质或类黄酮的水平之间没有直接相关性。Ratshilivha 等[48]对不同月份采集的南非辣木样品丙酮提取物抗菌活性差异的研究发现，辣木荚在冬天特定月份对绿脓杆菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、粪肠球菌均有较强抑制作用。此外，张婧[49]研究得出相似结果，辣木化学成分如黄酮、多糖、生物碱、水溶性蛋白质会因采收期、部位、品种不同而变化。

根据以上报道可知，辣木叶、籽及荚壳中含有抗菌活性物质，且对细菌和真菌均具有一定的抗菌效果，而其他部位如辣木根、辣木花、辣木树皮等是否具有抗菌活性或者其他药用活性的相关报道相对缺失，值得科研人员继续研究探索。

5　辣木的消炎作用

辣木提取物除抗菌作用外，还具有消炎效果。Minaiyan 等[37]发现一定剂量的辣木籽水醇提取物有效减轻了小鼠远端结肠 8 cm 处的重量（炎症和组织水肿的标志），显示其中的生物酚和类黄酮可能是治疗试验性结肠炎的主要成分。Araújo 等[50]用辣木籽提取物在脂多糖（LPS）刺激巨噬细胞和小鼠上建立的急性炎症的模型中证实了其兼具体外和体内消炎作用，并进一步确定其可能通过调节细胞因子和一氧化氮（NO）的合成量达到消炎效果。同

样地，Cheenpracha 等[8]发现从辣木果实乙酸乙酯提取物中分离提纯的化学物对脂多糖诱导的小鼠巨噬细胞有消炎活性，进一步分析显示提取物中的 4-[20-乙酰-a-*L*-rhamnosyloxy]苄基异硫氰酸酯对一氧化碳有强烈的抑制活性，半数抑菌浓度(IC50)为 1.67 mol/L。

除籽和果实以外，辣木其他部位消炎活性也有被报道。Sashidhara 等[51]从辣木根中分离出的醋酸盐和 1，3-二苄基脲化合物显著地抑制了炎性细胞因子的产生。Kooltheat 等[52]在体外模型中证明，辣木叶水-甲醇提取物抑制人巨噬细胞的细胞因子[肿瘤坏死因子（TNF）、白细胞介素-6（IL-6）和白细胞介素-8（IL-8）]的产生，数据显示该提取物能抑制炎症反应核因子κB（NF-κB）信号中关键基因 *RelA* 的表达。此外，Waterman 等[53]在辣木叶中分离出的 2 种异硫氰酸酯均显著降低了原巨噬细胞的基因表达和炎症标志物的生成，其中 1 和 5 μmol/L 剂量的提取物分别减弱诱导型一氧化氮合酶(*iNOS*)和白细胞介素-1β（*IL-1β*）的表达以及降低一氧化氮和 TNF-α的生成。

从以上报道可知，辣木具有显著的消炎成果，但其消炎成分复杂，除已报道的生物酚、类黄酮外可能还有其他组分，且其作用机理目前并不明确。

6 辣木在畜牧生产上的应用效果

因辣木营养价值高，近年来将辣木作为饲料原料或饲料添加剂的研发层出不穷，相关的试验也证实辣木具有促进肠道发育、促进动物生长、改善动物产品品质的潜力。辣木叶作为非常规蛋白质饲料的报道较多，而鲜有对于辣木树皮、根、籽等部位的研究。与此同时，在畜牧生产上并未见关于辣木在生产动物上作为抗菌或消炎类的功能性饲料添加剂的应用报道。

6.1 辣木对动物生产性能的影响

已有不少试验证明辣木叶可部分替代动物饲粮，且饲用效果良好。Onu 等[54]用 7.5%辣木叶粉饲喂雏鸡，结果表明其末体重、平均日增重、平均日采食量和饲料转化率等均显著优于对照组。但 Zvinorova 等[55]试验结果表明，在生长中动物热量不足的条件下，使用辣木叶作为其膳食补充剂，可能会影响其线性生长。因此，使用辣木饲喂幼龄动物需要注意用法与用量。此外，在成年动物上，Lu 等[56]发现饲粮添加 5%辣木叶可以改善蛋黄颜色和蛋白质的吸收，而不会对产蛋性能和蛋重产生不良影响。而饲粮添加 6%辣木叶可显著提高育肥猪的平均日增重，显著降低料重比[57]。张幸怡等[58]用辣木梗叶饲粮替代 50%苜蓿发现，奶牛泌乳高峰期的采食量及产奶性能显著提高，而奶牛体细胞数量显著下降，表明辣木可能提高了

奶牛的免疫和抗氧化能力。由此可得，辣木丰富的营养价值使其在非常规饲料原料的开发中具有较大潜力，同时辣木绿色天然且功能活性广泛的特点也让其在功能性饲料添加剂的研发中具有广阔的应用空间。

6.2 辣木对动物脂肪代谢、抗氧化和免疫调节的影响

大量试验证明，饲喂辣木可改善动物血清指标，尤其是降血脂和抗氧化相关指标。Babiker 等[59]在母羊饲粮中用辣木取代苜蓿，发现乳汁和血清的氧化状态得到一定程度的改善。张幸怡等[58]用辣木梗叶替代基础饲粮中 50%苜蓿，发现试验组血浆中总抗氧化能力（T-AOC）以及抑制羟自由基能力显著提高，而血清中胆固醇（CHOL）和甘油三酯（TG）的含量显著降低。同时，习欠云等[60]发现饲喂 8%辣木叶粉能显著降低蛋鸡血清中的低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）和总胆固醇（TC）含量，改善机体性能。此外，张幸怡等[58]验结果发现，辣木梗叶可显著提高奶牛血清中免疫球蛋白 G（IgG）的含量，且 IgG 被报道具有抗细菌、抗病毒活性。上述在生产动物上开展的试验进一步验证辣木对血清指标有一定改善作用且能一定程度上调节动物的免疫功能。

6.3 辣木对动物屠宰性能的影响

动物屠宰性能指标最能体现饲料产品的效果和价值。Cohen-Zinder 等[61]以青贮辣木为肉羔羊的膳食补充剂的结果显示，饲喂辣木叶的羔羊肉质肌节较长、肌内脂肪含量较低，各组间胶原含量无显著差异。李苗苗[62]试验结果表明，饲粮中 2%~10%辣木添加量对 70 日龄清远鹅屠体率影响显著，且饲粮中 10%辣木添加量可显著提高清远鹅的胸肌率和腿肌率，降低腹脂率。在肉质改良方面，Moyo 等[63]比较向日葵籽和辣木在山羊饲粮中的添加对羊肉理化特性和感官特征的影响，发现辣木在香味强度和汁液等方面胜于向日葵籽，且各项感官指标均显著优于对照组。同时，Ayssiwede 等发现[64]用 24%辣木可加深肉鸡酮体和腹部脂肪的颜色。由此可知，辣木具有提高动物屠宰率、加深体色、增加肉质感官评分等经济效果，为辣木用于生产高端畜产品提供理论基础。

6.4 辣木对动物肠道发育的影响

据报道，辣木对动物肠道发育有一定的促进作用，这预示着辣木可能有利于促进动物对营养物质的消化吸收，提高动物生产效率。Khan 等[65]在肉鸡饲粮中添加相当肉鸡体重 1.2%剂量的辣木叶粉，结果显示，肉鸡小肠、盲肠的重量和净重均显著提高，且绒毛高度、表面积、绒毛高度与隐窝深度比显著增加。同时，徐安妮[66]探究辣木促进小鼠小肠增长的机制，

发现 100%辣木粉饲料饲喂的小鼠小肠绒毛长度比对照组增加约 69.3%，小肠内吸收营养物质的表面积增加了将近 1 倍。

7 小 结

辣木营养物质丰富，且各部位（叶、籽、荚壳等）所含的活性成分具有广泛的药理活性，可发挥抗菌、消炎、抗氧化、改善肉质、促进肠道发育等的作用，因此其在动物生产中具有重要开发潜力，不仅能缓解目前我国饲料资源短缺的现状，同时还可以开发辣木的饲用经济价值。

将辣木作为动物饲粮或饲料添加剂虽然已取得一定成果，但目前还处于试验阶段。因此，安全且有效的辣木饲用产品投入到养殖产业前仍需要大量研究，如作用机制探究、有效剂量筛选、安全性评定、体内代谢及残留检测等，以确保其作用的发挥效果以及畜禽和人类的安全。

参考文献：

[1] 郭利群,冯凤兆,吴琳,等.辣木的药用价值及应用研究[J].热带农业科学,2015,35(6):11–17.
[2] 孙丹,管俊岭,许玫,等.辣木的有效成分、保健功能和开发利用研究进展[J].热带农业科学,2016,36(3):28–33.
[3] 曹玉霖,何镇廷,朱彦锋.辣木的抗肿瘤活性及作用机制研究进展[J].天然产物研究与开发,2016,28(11):1845–1849.
[4] ARORA D S,ONSARE J G,KAUR H.Bioprospecting of moringa (moringaceae):microbiological perspective[J].Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry,2013,1(6):193–215.
[5] 刘凤霞,王苗苗,赵有为,等.辣木中功能性成分提取及产品开发的研究进展[J].食品科学,2015,36(19):282–286.
[6] 张冰溪,施平伟,管庆丰,等.产自海南辣木叶总黄酮提取条件优化及抗氧化活性研究[J].饲料研究,2017(18):34–38.
[7] 王远.辣木叶黄酮的提取、分离纯化、结构鉴定及其生物活性研究[D].硕士学位论文.杭州:浙江工商大学,2017.
[8] CHEENPRACHA S,PARK E J,YOSHIDA W Y,et al.Potential anti-inflammatory phenolic glycosides from the medicinal plant *Moringa oleifera* fruits[J].Bioorganic & Medicinal Chemistry,2010,18(17):6598–6602.
[9] JEON S R,HA LEE K,HA SHIN D,et al.Synergistic antimicrobial efficacy of mesoporous ZnO loaded with 4-(α-*L*-rhamnosyloxy)-benzyl isothiocyanate isolated from the *Moringa oleifera* seed[J].The Journal of General and Applied Microbiology,2014,60(6):251–255.
[10] 刘长倩,高巍,杨柳,等.辣木的化学成分研究[J].安徽农业科学,2016,44(5):142–144.

[11] LI F H,WANG H Q,SU X M,et al.Constituents isolated from n-butanol extract of leaves of *Moringa oleifera*[J].China Journal of Chinese Materia Medica,2018,43(1):114–118.
[12] FAIZI S,SIDDIQUI B S,SALEEM R,et al.Isolation and structure elucidation of novel hypotensive agents,niazinin A,niazinin B,niazimicin and niaziminin A + B from *Moringa oleifera*:the first naturally occurring thiocarbamates[J].Journal of the Chemical Society,Perkin Transactions 1,1992(23):3237–3241.
[13] BENNETT R N,MELLON F A,FOIDL N,et al.Profiling glucosinolates and phenolics in vegetative and reproductive tissues of the multi-purpose trees *Moringa oleifera* L. (horseradish tree) and *Moringa stenopetala* L.[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,2003,51(12):3546–3553.
[14] SINGH R S G,NEGI P S,RADHA C.Phenolic composition,antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts of *Moringa oleifera* seed flour[J].Journal of Functional Foods,2013,5(4):1883–1891.
[15] CHEN G F,YANG M L,KUO P C,et al.Chemical constituents of *Moringa oleifera* and their cytotoxicity against doxorubicin-resistant human breast cancer cell lines (Mcf-7/Adr)[J].Chemistry of Natural Compounds,2014,50(1):175–178.
[16] AMAGLO N K,BENNETT R N,LO CURTO R B,et al.Profiling selected phytochemicals and nutrients in different tissues of the multipurpose tree *Moringa oleifera* L.,grown in Ghana[J].Food Chemistry,2010,122(4):1047–1054.
[17] GANATRA T H,JOSHI U H,BHALODIA P N,et al.A panoramic view on pharmacognostic,pharmacological,nutritional,therapeutic and prophylactic values of *Moringa oleifera* Lam[J].International Research Journal of Pharmacy,2012,3(6):1-7.
[18] MANZOOR M,ANWAR F,IQBAL T,et al.Physico-chemical characterization of *Moringa concanensis* seeds and seed oil[J].Journal of the American Oil Chemists' Society,2007,84(5):413–9.
[19] 许敏,赵三军,宋晖,等.辣木的研究进展[J].食品科学,2016,37(23):291–301.
[20] YAMEOGO C W,BENGALY M D,SAVADOGO A,et al.Determination of chemical composition and nutritional values of *Moringa oleifera* leaves[J].Pakistan Journal of Nutrition,2011,10(3):264–268.
[21] 郭刚军,龙继明,黄艳丽,等.多油辣木不同部位营养成分分析及评价[J].食品工业科技,2016,37(22):354–358,364.
[22] ANWAR F,LATIF S,ASHRAF M,et al.*Moringa oleifera*:a food plant with multiple medicinal uses[J].Phytotherapy Research,2007,21(1):17–25.
[23] GHASI S,NWOBODO E,OFILI J O.Hypocholesterolemic effects of crude extract of leaf of *Moringa oleifera* Lam in high-fat diet fed Wistar rats[J].Journal of Ethnopharmacology,2000,69(1):21–25.
[24] TENDE J A,EZEKIEL I,DIKKO A A U,et al.Effect of ethanolic leaves extract of *Moringa oleifera* on blood glucose levels of streptozocin-induced diabetics and normoglycemic wistar rats[J].British Journal of Pharmacology and Toxicology,2011,3(1):1–4.
[25] SINGH B N,SINGH B R,SINGH R L,et al.Oxidative DNA damage protective activity,antioxidant and anti-quorum sensing potentials of *Moringa oleifera*[J].Food and Chemical Toxicology,2009,47(6):1109–1116.

[26] SANTOS A F,ARGOLO A C C,PAIVA P M G,et al.Antioxidant activity of *Moringa oleifera* tissue extracts[J].Phytotherapy Research,2012,26(9):1366–1370.
[27] JUNG I L.Soluble extract from *Moringa oleifera* leaves with a new anticancer activity[J].PLoS One,2014,9(4):e95492.
[28] GISMONDI A,CANUTI L,IMPEI S,et al.Antioxidant extracts of African medicinal plants induce cell cycle arrest and differentiation in B16F10 melanoma cells[J].International Journal of Oncology,2013,43(3):956–964.
[29] 贺银凤,任安祥,林经桓.辣木叶对小白鼠通便作用的初步研究[J].食品工业,2009(6):10–12.
[30] AHMAD S,SHAH S M,ALAM M K,et al.Antipyretic activity of hydro-alcoholic extracts of *Moringa oleifera* in rabbits[J].Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences,2014,27(4):931–934.
[31] MANAHEJI H,JAFARI S,ZARINGHALAM J,et al.Analgesic effects of methanolic extracts of the leaf or root of *Moringa oleifera* on complete Freund's adjuvant-induced arthritis in rats[J].Journal of Chinese Integrative Medicine,2011,9(2):216–222.
[32] SUDHA P,ASDAQ S M,DHAMINGI S S,et al.Immunomodulatory activity of methanolic leaf extract of *Moringa oleifera* in animals[J].Indian Journal of Physiology and Pharmacology,2010,54(2):133–140.
[33] GUPTA A,GAUTAM M K,SINGH R K,et al.Immunomodulatory effect of *Moringa oleifera* Lam. extract on cyclophosphamide induced toxicity in mice[J].Indian Journal of Experimental Biology,2010,48(11):1157–1160.
[34] PRASAD A,SHARMA E.Phytotoxicological assessment of *Moringa oleifera* Lam. against larvae of important human malaria vector *Anopheles* stephensi Liston (Insecta:Diptera:Culicidae)[J].International Journal of Innovation and Applied Studies,2015,7(4):1633–1641.
[35] MUHAMMAD A A,PAUZI N A S,ARULSELVAN P,et al.*In vitro* wound healing potential and identification of bioactive compounds from *Moringa oleifera* Lam[J].BioMed Research International,2013,2013:974580.
[36] NDIAYE M,DIEYE A M,MARIKO F,et al.Contribution to the study of the anti-inflammatory activity of *Moringa oleifera* (moringaceae)[J].Dakar Medical,2002,47(2):210–212.
[37] MINAIYAN M,ASGHARI G,TAHERI D,et al.Anti-inflammatory effect of *Moringa oleifera* Lam.seeds on acetic acid-induced acute colitis in rats[J].Avicenna Journal of Phytomedicine,2014,4(2):127–136.
[38] ISAH Z A,SANNI F S,TALLE M,et al.*In vitro* Antimicrobial activity of water extract of Moringa oleifera leaf stalk on bacteria normally implicated in eye diseases[J].Academia Arena,2010,2(6):80–82.
[39] PADLA E P,SOLIS L T,LEVIDA R M,et al.Antimicrobial Isothiocyanates from the seeds of *Moringa oleifera* Lam[J].Zeitschrift für Naturforschung C,2012,67:0557.
[40] LALAS S,GORTZI O,ATHANASIADIS V,et al.Determination of antimicrobial activity and resistance to oxidation of *Moringa peregrina* seed oil[J].Molecules,2012,17(3):2330–2334.

[41] JABEEN R,SHAHID M,JAMIL A,et al.Microscopic evaluation of the antimicrobial activity of seed extracts of *Moringa oleifera*[J].Pakistan Journal of Botany,2008,40(4):1349–1358.
[42] BUKAR A,UBA A,OYEYI T.Antimicrobial profile of *Moringa oleifera* Lam. extracts against some food-borne microorganisms[J].Bayero Journal of Pure and Applied Sciences,2010,3(1):308–314.
[43] JAYAWARDANA B C,LIYANAGE R,LALANTHA N,et al.Antioxidant and antimicrobial activity of drumstick (*Moringa oleifera*) leaves in herbal chicken sausages[J].LWT-Food Science and Technology,2015,64(2):1204–1208.
[44] PAL S K,MUKHERJEE P K,SAHA K,et al.Antimicrobial action of the leaf extract of *Moringa oleifera* lam[J].Ancient Science of Life,1995,14(3):197–199.
[45] MARRUFO T,NAZZARO F,MANCINI E,et al.Chemical composition and biological activity of the essential oil from leaves of *Moringa oleifera* Lam. cultivated in Mozambique[J].Molecules,2013,18(9):989–1000.
[46] ARORA D S,ONSARE J G.*In vitro* antimicrobial evaluation and phytoconstituents of *Moringa oleifera* pod husks[J].Industrial Crops and Products,2014,52:125–135.
[47] NDHLALA A R,MULAUDZI R,NCUBE B,et al.Antioxidant,antimicrobial and phytochemical variations in thirteen *Moringa oleifera* Lam. cultivars[J].Molecules,2014,19(7):10480–10494.
[48] RATSHILIVHA N,AWOUAFACK M D,DU TOIT E S,et al.The variation in antimicrobial and antioxidant activities of acetone leaf extracts of 12 *Moringa oleifera* (*Moringaceae*) trees enables the selection of trees with additional uses[J].South African Journal of Botany,2014,92:59–64.
[49] 张婧.辣木组织培养及有效成分分析[D].硕士学位论文.福州:福建农林大学,2013.
[50] ARAÚJO L C C,AGUIAR J S,NAPOLEÃO T H,et al.Evaluation of cytotoxic and anti-inflammatory activities of extracts and lectins from *Moringa oleifera* seeds[J].PLoS One,2013,8(12):e81973.
[51] SASHIDHARA K V,ROSAIAH J N,TYAGI E,et al.Rare dipeptide and urea derivatives from roots of *Moringa oleifera* as potential anti-inflammatory and antinociceptive agents[J].European Journal of Medicinal Chemistry,2009,44(1):432–436.
[52] KOOLTHEAT N,SRANUJIT R P,CHUMARK P,et al.An ethyl acetate fraction of *Moringa oleifera* Lam. inhibits human macrophage cytokine production induced by cigarette smoke[J].Nutrients,2014,6(2):697–710.
[53] WATERMAN C,CHENG D M,ROJAS-SILVA P,et al.Stable,water extractable isothiocyanates from *Moringa oleifera* leaves attenuate inflammation *in vitro*[J].Phytochemistry,2014,103:114–122.
[54] ONU P N,ANIEBO A O.Influence of moringa oleifera leaf meal on the performance and blood chemistry of starter broilers[J].International Journal of Food,Agriculture and Veterinary Sciences,2011,1(1):38–44.
[55] ZVINOROVA P I,LEKHANYA L,ERLWANGER K,et al.Dietary effects of *Moringa oleifera* leaf powder on growth,gastrointestinal morphometry and blood and liver metabolites in Sprague Dawley rats[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2015,99(1):21–28.

[56] LU W,WANG J,ZHANG H J,et al.Evaluation of *Moringa oleifera* leaf in laying hens:effects on laying performance,egg quality,plasma biochemistry and organ histopathological indices[J].Italian Journal of Animal Science,2016,15(4):658–665.
[57] 张婷婷,张博,司丙文,等.辣木叶对育肥猪生长性能、屠宰性能、抗氧化功能和肉品质的影响[J].动物营养学报,2018,30(1):255–261.
[58] 张幸怡,林聪,李洋,等.辣木梗叶对奶牛生产性能及血浆生化、抗氧化和免疫指标的影响[J].动物营养学报,2017,29(2):628–635.
[59] BABIKER E E,AL JUHAIMI F,GHAFOOR K,et al.Effect of partial replacement of alfalfa hay with *Moringa* species leaves on milk yield and composition of Najdi ewes[J].Tropical Animal Health and Production,2016,48(7):1427–1433.
[60] 刁欠云,曾斌,兰伟,等.辣木叶粉对蛋鸡生产性能、蛋品质和血清生化指标的影响[J].饲料工业,2015,36(16):10–15.
[61] COHEN-ZINDER M,ORLOV A,TROFIMYUK O,et al.Dietary supplementation of *Moringa oleifera* silage increases meat tenderness of Assaf lambs[J].Small Ruminant Research,2017,151:110–116.
[62] 李苗苗.辣木茎粉对鹅饲用价值的研究[D].硕士学位论文.广州:华南农业大学,2016.
[63] MOYO B,MASIKA P J,MUCHENJE V.Effect of feeding *Moringa* (*Moringa oleifera*) leaf meal on the physico-chemical characteristics and sensory properties of goat meat[J].South African Journal of Animal Science,2014,44(1):64.
[64] AYSSIWEDE S B,DIENG A,BELLO H,et al.Effects of *Moringa oleifera* (Lam.) leaves meal incorporation in diets on growth performances,carcass characteristics and economics results of growing indigenous senegal chickens[J].Pakistan Journal of Nutrition,2011,10(12):1132–1145.
[65] KHAN I,ZANEB H,MASOOD S,et al.Effect of *Moringa oleifera* leaf powder supplementation on growth performance and intestinal morphology in broiler chickens[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2017,101 Suppl 1:114121.
[66] 徐安妮.辣木促进小鼠肠道增长作用的研究与机制初探[D].硕士学位论文.长春:吉林大学,2016.

Moringa oleifera: Antibacterial and Anti-Inflammatory Effects and Application in Animal Production

LI Xiaolin CHEN Ting XI Qianyun ZHANG Yongliang

(*Key Laboratory of Animal Nutrition Control in Guangdong, National Pig Breeding Engineering Technology Center, Animal Science College, South China Agricultural University, Guangzhou* 510642, *China*)

Abstract: *Moringa oleifera* is originally from the southern foothills of the Himalayas in northern India and is most valued in utilization, research and economics compared with other species of *Moringa*. A large number of studies have shown that *Moringa oleifera* root, bark, leaves and seeds

*Corresponding author, professor, E-mail: zhangyl@scau.edu.cn （责任编辑 武海龙）

contain bioactive substances such as flavones, polysaccharides, alkaloids and phenols. In addition, *Moringa oleifera* is effective in antibacterial, anti-inflammatory and intestinal development, and therefore is of high value in animal health and disease prevention. This review summarizes the nutritional values, chemical compositions, pharmacological properties of *Moringa oleifera*, and its roles in antibacterial, anti-inflammatory and livestock production, and provides theoretical basis for developing *Moringa oleifera* extract as natural and functional feed additives.

Key words: *Moringa oleifera*; antibacterial; anti-inflammatory; intestinal development; intestinal health